

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

W03413DE10

E2

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 7 :

G01D 5/14, 5/16, G01B 7/30

A1

(11) Numéro de publication internationale:

WO 00/52425

(43) Date de publication internationale: 8 septembre 2000 (08.09.00)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00312

(22) Date de dépôt international: 9 février 2000 (09.02.00)

(30) Données relatives à la priorité:  
99/02644 3 mars 1999 (03.03.99) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): MMT S.A.  
(CH/CH); Grand Places 1, CH-1700 Fribourg (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): GANDEL, Pierre  
[FR/FR]; 18, chemin de Rochefort, F-25660 Montfaucon  
(FR). FRACHON, Didier [FR/FR]; 4, rue Lucien Febvre,  
F-25000 Besançon (FR).(74) Mandataires: BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz, 3,  
avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY,  
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: POSITION SENSOR WITH MAGNETO-SENSITIVE PROBE

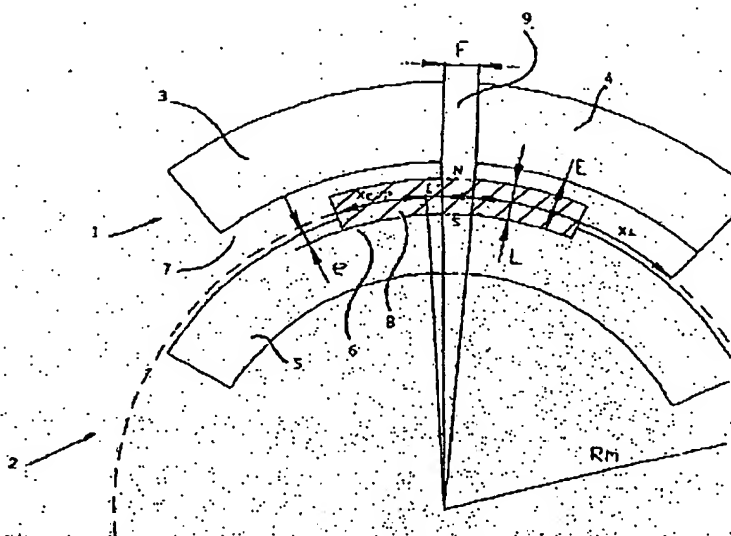
(54) Titre: CAPTEUR DE POSITION A SONDE MAGNETO-SENSIBLE

(57) Abstract

The invention concerns a magnetic position sensor, linear or rotary, comprising a stator and at least a part (2) mobile along at least a direction OX, with an effective stroke  $X_c$ , the stator consisting at least of two components (3, 4) made of soft magnetic material defining at least a secondary air gap (9) wherein is housed at least a magneto-sensitive probe (10), each stator part component (3, 4) having a length  $X_s$  in the direction OX not less than  $X_c$ . The magnets of one mobile part (2) are extended over at least one edge by a mobile ferromagnetic component having a thickness  $e$ , in the direction of magnetisation of one magnet, such that  $0.1L < e < 0.9L$ , and moving parallel to the stator ferromagnetic components at a constant minimum distance and having a magnetisation perpendicular to OX and a length in the direction of displacement OX not less than  $X_c$ .

(57) Abrégé

Capteur magnétique de position, linéaire ou rotatif, comportant un stator et au moins une partie mobile (2) selon au moins une direction OX, avec une course utile  $X_c$ , le stator étant composé d'au moins deux pièces (3, 4) en matériau magnétique doux définissant au moins un entrefer secondaire (9) dans lequel est logée au moins une sonde magnéto-sensible (10), chaque partie statorique (3, 4) présentant une longueur  $X_s$  dans la direction OX au moins égale à  $X_c$ . Les aimants d'une partie mobile (2) sont prolongés sur au moins un bord par une pièce ferromagnétique mobile d'épaisseur  $e$ , dans la direction de l'aimantation d'un aimant, telle que  $0.1L < e < 0.9L$ , et se déplaçant parallèlement aux pièces ferromagnétiques statoriques à une distance minimale constante et présentant une aimantation perpendiculaire à OX et une longueur dans la direction du déplacement OX au moins égale à  $X_c$ .



# UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovenie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Biélorus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

## CAPTEUR DE POSITION A SONDE MAGNETO-SENSIBLE.

5 La présente invention concerne le domaine des capteurs magnétiques de position sans contact à sonde magnéto-sensible et à aimant permanent.

On connaît dans l'art antérieur des capteurs de position mettant en œuvre des sondes de Hall détectant le flux magnétique généré par le déplacement relatif d'un aimant  
10 permanent par rapport à une sonde de Hall.

En particulier, le brevet français n°2624966 décrit un codeur pour une roue d'impression comprenant un détecteur linéaire à effet Hall et un aimant permanent montés dans un arbre en métal non ferreux présentant une bague  
15 formant une spirale conductrice de flux moulée dans la roue et encerclant l'arbre. La position angulaire de la roue d'impression est déterminée en valeur absolue par l'amplitude du signal par rapport au point de transition de la spirale. Le capteur ainsi réalisé ne présente pas un signal réellement  
20 linéaire. Pour remédier à ce défaut de linéarité, on a proposé dans l'art antérieur de numériser le signal délivré par la sonde de Hall et de traiter le signal par des moyens informatiques.

On a également proposé dans l'art antérieur de  
25 remédier au défaut de linéarité des capteurs magnétiques de position par des géométries complexes. Ces solutions sont techniquement difficiles à réaliser pour des capteurs produits industriellement en grandes séries. Le coût de fabrication est de ce fait excessif dans de nombreuses  
30 applications.

On a également proposé dans l'état de la technique des capteurs avec une partie mobile formée par une

WO 00/52425

2

PCT/FR00/00312

culasse ferromagnétique sur lequel est directement fixé un aimant permanent, de largeur angulaire supérieure à  $180^\circ$ , la partie complémentaire étant réalisée soit par un matériau ferromagnétique, soit par un aimant permanent de polarité inversée, soit par de l'air. Une telle solution est proposée dans la demande de brevet FR 2739444. La largeur angulaire de l'aimant, supérieure à  $180^\circ$ , impose un volume d'aimant important qui est surdimensionné pour la mesure de faibles courses.

On a encore proposé des solutions avec deux aimants permanents de polarité alternée et/ou plusieurs sondes de Hall. A titre d'exemple, de telles solutions sont proposées dans les demandes de brevet français FR2670286 et FR2715726. Ces structures utilisent des aimants multipolaires ou des assemblages de plusieurs aimants en sens alterné, ce qui interdit l'aimantation après assemblage et oblige la manipulation d'aimants de haute énergie au moment de l'assemblage des capteurs. Une telle manipulation est délicate car les aimants de haute énergie peuvent introduire des particules, par exemple des copeaux métalliques, dans les capteurs au moment de leur mise en place. Pour éviter cet inconvénient, il est connu d'encapsuler les aimants, solution coûteuse qui présente l'inconvénient d'accroître encore le prix de revient des capteurs.

Le brevet français FR2691534 décrit un capteur de position linéaire comportant un seul aimant permanent bipolaire mobile à l'intérieur d'un entrefer principal mince délimité par deux parties statoriques. Ce capteur nécessite un système de guidage pour le déplacement de l'aimant permanent. Le volume d'aimant nécessaire et la linéarité ne sont pas optimum. De ce fait, dans certaines applications

WO 00/52425

3

PCT/FR00/00312

exigeantes, ce capteur présente un coût et des caractéristiques jugées non suffisantes.

Les capteurs de l'art antérieur mettent en œuvre des aimants permanents généralement en terre rare de type Néodyme-Fer-Bore ou Samarium-Cobalt. Ces aimants performants sont encore relativement chers. Les structures de l'art antérieur présentent de ce fait un coût relativement élevé.

La linéarité du signal fourni par le capteur en fonction de la position est une caractéristique fondamentale qui détermine la qualité d'un capteur de position. Dans le cas idéal, cette fonction est une droite.

Les capteurs cités précédemment utilisent tous deux transformations :

- La première transformation est réalisée par le circuit ferromagnétique. Celui-ci permet de fournir au composant de mesure magnéto-sensible, par exemple une sonde de Hall, une induction magnétique qui varie en fonction de la position. La première transformation est alors déterminée par la caractéristique induction (position).

- La deuxième transformation est réalisée par l'élément de mesure inséré dans le circuit magnétique. Il fournit un signal de sortie, généralement sous la forme d'une tension, qui varie avec l'amplitude de l'induction dans laquelle il est placé. La deuxième transformation est alors déterminée par la caractéristique tension (induction).

Pour obtenir un capteur avec une très grande linéarité, il est souhaitable de réaliser deux transformations linéaires avec la plus grande linéarité possible.

Si l'une des transformations présente une linéarité plus ou moins bonne, il faut compenser son erreur de linéarité avec l'autre transformation ou à l'aide de

WO 00/52425

4

PCT/FR00/00312

moyens électroniques et/ou informatiques, ce qui est coûteux et peu élégant.

La linéarité de la seconde tranformation est imposée par la qualité de l'élément de mesure utilisé.

5 Actuellement, on peut trouver des sondes de Hall commercialisées avec une erreur de linéarité sur la caractéristique (signal de sortie/induction) inférieure à  $\pm 0.2\%$ .

10 Une très grande linéarité de la première tranformation peut être obtenue en réalisant judicieusement le circuit magnétique, c'est l'objet de la présente invention.

Une autre caractéristique importante d'un capteur de position est l'amplitude du rapport signal/bruit. Pour  
15 réaliser un capteur magnétique de position de bonne qualité, il faut en pratique réaliser un circuit magnétique fournissant une variation d'induction  $\Delta B$  en fonction de la position suffisamment importante afin d'obtenir un rapport signal/bruit élevé. Ceci détermine, en partie, le volume et  
20 la qualité de l'aimant à utiliser.

Notons qu'il est déconseillé d'utiliser une variation d'induction trop importante. En effet, cela traduit un surcoût en aimant. D'autre part, pour des valeurs d'inductions élevées, la linéarité d'une sonde de Hall  
25 (deuxième tranformation) se détériore.

L'objet de la présente invention est de proposer un capteur de position magnétique sans contact amélioré, de moindre coût et de grande fiabilité, présentant une grande linéarité avec un volume d'aimant optimal.

30 A cet effet, l'invention concerne dans son acception la plus générale un capteur magnétique de position.

WO 00/52425

5

PCT/FR00/00312

comportant un stator et au moins une partie mobile selon au moins une direction OX, avec une course utile  $X_c$ ,

[ $X_c$  représente, dans le cas d'un capteur rotatif, la largeur de l'arc angulaire parcourue par la partie mobile sur le rayon moyen d'une partie aimantée et, dans le cas d'un capteur linéaire, la course de la partie mobile dans une direction contenue dans le plan médian de l'entrefer principal],...

le stator étant composé d'au moins deux pièces en matériau magnétique doux définissant au moins un entrefer secondaire dans lequel est logée au moins une sonde magnétosensible pour mesurer la variation d'induction dans cet entrefer secondaire, chaque partie statorique présentant une longueur  $X_s$  dans la direction OX au moins égale à  $X_c$ ,

[ $X_s$  étant mesurée sur le rayon moyen d'un aimant dans le cas d'un capteur rotatif, ou mesurée dans une direction contenue dans le plan médian de l'entrefer principal, dans le cas d'un capteur linéaire]

chaque partie statorique étant alignée, pour un capteur linéaire soit dans une même surface plane parallèle à OX soit dans une même surface cylindrique d'axe OX, et dans une même surface cylindrique d'axe correspondant à l'axe de rotation de la partie mobile pour un capteur rotatif, le capteur comportant en outre au moins une partie mobile munie d'au moins une pièce en matériau magnétique doux et d'au moins un aimant lié à cette pièce, la ou les pièces mobiles magnétiques se déplaçant parallèlement aux pièces statoriques ferromagnétiques à une distance minimale constante, le ou les aimants ayant leurs pôles parallèles aux pièces ferromagnétiques du stator, caractérisé en ce que, le ou les aimants d'une partie mobile sont prolongés sur au moins un bord par une pièce ferromagnétique mobile d'épaisseur  $e$ , dans



WO 00/52425

6

PCT/FR00/00312

la direction de l'aimantation d'un aimant, telle que  $0.1L < e < 0.9L$ ,

le ou les aimants se déplaçant parallèlement aux pièces ferromagnétiques statoriques à une distance minimale constante et présentant une aimantation perpendiculaire à OX et une longueur dans la direction du déplacement OX au moins égale à  $X_c$

[ $X_c$  étant mesurée sur le rayon moyen de l'aimant dans le cas d'un aimant de forme semi-annulaire ou la longueur dans le cas d'un aimant rectiligne]:

Selon une première variante, le ou les aimants sont partiellement encastrés dans une cavité d'une culasse ferromagnétique mobile, du côté du stator, à une profondeur  $e$  telle que  $0.1L < e < 0.9L$ ,  $L$  étant l'épaisseur de l'aimant dans la direction de l'aimantation.

Selon une deuxième variante, le ou les aimants sont juxtaposés à au moins une pièce ferromagnétique mobile d'épaisseur  $e$ , dans la direction de l'aimantation d'un aimant, telle que  $0.1L < e < 0.9L$ , le ou les aimants présentant une longueur dans la direction du déplacement OX au moins égale à  $X_c$ .

Avantageusement, l'organe mobile présente un aimant partiellement encastré dans une cavité située sensiblement au milieu de la culasse ferromagnétique mobile, la cavité et l'aimant ayant une longueur dans la direction OX au moins égale à  $X_c$ , et de préférence égale  $X_c + F + 2E'$ , dans le cas d'un aimant de forme semi-annulaire cette longueur est mesurée sur le rayon moyen de l'aimant,  $F$  est la longueur de l'entrefer selon la direction OX dans lequel est placée la sonde,  $E'$  est compris entre  $e/4$  et  $E$ , ou  $E$  est la distance mesurée perpendiculairement à OX entre les pièces statoriques ferromagnétiques et le fond de la cavité.

WO 00/52425

7

PCT/FR00/00312

Selon un mode de réalisation particulier, l'organe mobile présente une culasse ferromagnétique de longueur mesurée suivant OX au moins égale à  $3X_c + F + 6E'$ .

Avantageusement, les pièces ferromagnétiques statoriques présentent une longueur  $X_s$  mesurée suivant OX sensiblement égale à  $X_c + 2E'$ , dans le cas d'un capteur rotatif la longueur est mesurée sur le rayon moyen d'un aimant.

De préférence, la profondeur  $e$  d'une cavité de la culasse ferromagnétique mobile est déterminée de manière à réaliser un capteur de linéarité maximale, avec de préférence  $0.3L < e < 0.8L$ .

Selon une variante, la cavité dans une culasse ferromagnétique mobile est réalisée de manière à obtenir un rapport  $e/L$  aussi grand que possible, avec de préférence  $0.5L < e < 0.9L$ , en conservant une faible erreur de linéarité, de préférence inférieure à 3%.

Selon un mode de réalisation préféré, l'épaisseur  $e$ , mesurée suivant la direction de l'aimantation d'un aimant, d'une pièce ferromagnétique mobile juxtaposée à un aimant permanent est déterminée de manière à réaliser un capteur de linéarité maximale, avec de préférence  $0.3L < e < 0.8L$ .

De préférence, l'épaisseur  $e$ , mesurée suivant la direction de l'aimantation d'un aimant, d'une pièce ferromagnétique mobile juxtaposée à un aimant permanent est réalisée de manière à obtenir un rapport  $e/L$  aussi grand que possible, avec de préférence  $0.5L < e < 0.9L$ , en conservant une faible erreur de linéarité, de préférence inférieure à 3%.

Selon un mode de réalisation particulier, le rapport  $L/E$  est supérieur à 0.5 et de préférence supérieur ou égal à 0.75, où  $E$  est la distance mesurée perpendiculairement

WO 00/52425

8

PCT/FR00/00312

à OX entre les pièces statoriques (3, 4) ferromagnétiques et le fond de la cavité (6).

Avantageusement, le rapport  $X_s/E$  est supérieur à 5, et de préférence supérieur ou égal à 8.

5 Selon une variante, les pièces ferromagnétiques statoriques (3, 4), le ou les aimants et la ou les pièces ferromagnétiques mobiles (5) ont la même longueur  $Z$  mesurée suivant l'axe perpendiculaire à la direction de l'aimantation et à la direction déplacement OX, et de préférence supérieure ou égale à  $3E$ .

Selon une autre variante, les parties respectivement fixes et mobiles sont échangées en partie respectivement mobiles et fixes.

15 Selon une variante de réalisation, la structure statorique est composée de quatre pièces ferromagnétiques parallélépipédiques (101, 102, 103, 104) définissant deux paires d'entrefer secondaires se croisant en un point médian (100). Chaque entrefer secondaire (105, 106) étant muni d'une sonde magnéto-sensible (107, 108, 200, 201).

20 Selon une variante, la partie mobile (110) peut se déplacer dans deux directions OX et OY et est composée d'une culasse ferromagnétique (111) dans laquelle est partiellement encastré un aimant permanent (109) polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les 25 pièces statoriques de la culasse mobile.

Selon une variante, la partie mobile peut se déplacer dans deux directions OX et OY et est composée d'un aimant permanent polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les pièces statoriques de la culasse 30 mobile, juxtaposé à au moins une pièce ferromagnétique mobile.

WO 00/52425

9

PCT/FR00/00312

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant aux dessins annexés où :

- La figure 1 présente une vue partielle d'un capteur selon l'invention ;
- 5 - La figure 2 présente un exemple de réalisation d'un capteur magnétique de position angulaire sans contact, selon l'invention ;
- La figure 3 représente une courbe de non linéarité en fonction de la position ;
- 10 - La figure 4 présente une variante de réalisation.
- La figure 5 présente une autre variante d'un capteur magnétique de position angulaire selon l'invention ;
- 15 - La figure 6 présente une variante d'un capteur magnétique de position angulaire selon l'invention ;
- La figure 7 présente une variante de réalisation du capteur de la figure 6 ;
- 20 - La figure 8 présente une variante qui intègre deux capteurs élémentaires rotatifs selon l'invention ;
- La figure 9 présente une variante qui intègre deux capteurs élémentaires rotatifs ;
- 25 - Les figures 10 et 11 présentent des variantes de capteur avec une culasse rotorique annulaire ferromagnétique comportant un ou deux aimants permanents et avec deux aimants de forme semi-annulaire ;
- 30 - la figure 12 présente un capteur magnétique de position linéaire selon l'invention ;

WO 00/52425

10

PCT/FR00/00312

- La figure 13 présente une vue en coupe d'une variante de réalisation d'un capteur de position linéaire ;
- La figure 14 présente une variante du capteur, selon la figure 12, avec deux aimants ;
- les figures 15 et 16 présentent respectivement une vue éclatée et une vue d'ensemble d'un capteur magnétique de position à deux degrés de liberté selon l'invention ;
- La figure 17 présente une variante d'un capteur de position linéaire ;
- La figure 18 présente une variante du capteur de position linéaire de la figure 17.

Les figures 1 et 2 présentent respectivement une vue schématique et une vue en perspective d'une première variante de réalisation, dans une configuration rotative.

Ce capteur comporte un stator fixe (1) et une partie mobile (2) dans la direction OX, avec une course utile  $X_c$  sur laquelle le signal fourni présente une grande linéarité.

Le stator comporte deux pièces statoriques (3, 4) en un matériau magnétique doux en forme de quartier annulaire. La partie mobile (2) présente une culasse en fer doux (5) de forme semi-annulaire. Les pièces statoriques (3, 4) et la culasse (5) définissent entre elles un entrefer principal (7). La culasse (5) présente une cavité (6) dans laquelle est logée un aimant (8) aimanté perpendiculairement à l'entrefer (7), en l'occurrence selon une direction radiale.

Le stator présente deux pièces ferromagnétiques (3, 4) espacées par un entrefer secondaire (9) de longueur  $F$ , dans lequel est placée une sonde magnéto-sensible (10). Les

WO 00/52425

11

PCT/FR00/00312

deux pièces statoriques (3, 4) sont réunies par des pièces non magnétiques, réalisées par exemple en laiton, et sont alignées dans une même surface cylindrique, avec pour axe, l'axe de rotation de la partie mobile.

5 La course  $X_c$  est la largeur de l'arc angulaire parcourue par la partie mobile sur le rayon moyen  $R_m$  de la partie aimantée. La course de l'aimant s'étend de  $\pm X_c/2$  par rapport au centre de l'entrefer secondaire, dans lequel est placée la sonde magnéto-sensible, perpendiculaire à  
10 l'entrefer principal.

La partie mobile (2) comporte une culasse (5) en matériau magnétique doux et un aimant (8) permanent partiellement encastré dans la culasse (5). L'aimant (8) est polarisé radialement, c'est à dire perpendiculairement à OX.  
15 La partie mobile (2) se déplace parallèlement aux pièces statoriques (3, 4), à une distance minimale constante  $Y_0$  mesurée perpendiculairement à OX.

L'aimant (8) permanent est partiellement encastré dans une cavité située sensiblement au milieu de la culasse  
20 (5) mobile, du côté des pièces statoriques (3, 4), à une profondeur  $e$  telle que  $0.1L < e < 0.9L$ , où  $L$  est l'épaisseur de l'aimant (8) dans le sens de la polarisation. La profondeur  $e$  est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur.

25 L'aimant (8) permanent se déplace avec la culasse (5) parallèlement aux pièces statoriques (3, 4) à une distance minimale constante  $E-L$ ,  $E$  étant la distance mesurée perpendiculairement à OX entre les pièces du stator et le fond de la cavité. La culasse (5) est située à une distance  
30 minimale du stator égale à  $Y_0 = E - e$  supérieure à  $E - L$ .

La largeur  $X_s$  des pièces statoriques (3, 4) mesurée sur le rayon moyen  $R_m$  de l'aimant (8) est supérieure

WO 00/52425

12

PCT/FR00/00312

ou égale à  $X_c$ , de préférence sensiblement égale à  $X_c + 2E'$  pour obtenir un signal avec une grande linéarité sur toute la course  $X_c$ , où  $E'$  est compris entre  $e/4$  et  $E$ .

De préférence, la cavité dans la culasse (5) mobile et l'aimant (8) ont une largeur, mesurée sur le rayon moyen  $R_m$  de l'aimant (8), supérieure ou égale à  $X_c + F$ , de préférence sensiblement égale à  $X_c + F + 2E'$ .

Selon une variante avantageuse, la largeur de la culasse (5) mobile mesurée sur le rayon moyen  $R_m$  de l'aimant (8) est au moins égale à  $3X_c + F + 6E'$ .

Selon une variante avantageuse, le rapport  $L/E$  est supérieur ou égal à 0.5 et de préférence supérieur ou égal à 0.75.

Selon une variante avantageuse, le rapport  $X_s/E$  est relativement grand, de préférence supérieur à 8.

Selon une variante avantageuse, l'aimant (8), la culasse (5) mobile et les pièces statoriques (3, 4) ferromagnétiques ont la même longueur  $Z$  mesurée suivant l'axe perpendiculaire à la direction de l'aimantation et à la direction du déplacement  $OX$ , et de préférence supérieure ou égale à  $3E$ .

Ces variantes avantageuses permettent de définir un capteur avec une géométrie optimale et un volume d'aimant (8) adapté à la plage de mesure souhaitée.

La sonde magnéto-sensible (10) peut être une sonde à effet Hall, une sonde magnétorésistive, un transistor magnétique, etc. Ce qui importe c'est que le signal fourni dépend le plus linéairement possible de l'induction magnétique dans lequel est placé cet élément.

L'aimant (8) permanent peut être de différents types, de préférence on utilisera un aimant (8) en Samarium-Cobalt ou  $NdFeB$ , mais aussi éventuellement un aimant (8) de

WO 00/52425

13

PCT/FR00/00312

type AlNiCo, ferrites, etc. Ce qui importe c'est qu'il ait une perméabilité réversible proche de 1, et de préférence inférieure à 1.2 afin d'obtenir une bonne linéarité du signal. On choisira, de préférence, un aimant (8) avec un

5 faible coefficient de température.

Les parties ferromagnétiques statoriques et la culasse (5) mobile peuvent être réalisées en Fer-Nickel, Fer-Silicium, Fer pur, etc.

Il n'est pas nécessaire d'introduire une pièce de guidage pour l'aimant (8), puisqu'il est directement fixé sur la culasse (5) mobile. L'encastrement de l'aimant (8) dans la culasse (5) permet aussi de réduire la sensibilité du capteur à la qualité du collage de l'aimant (8) et facilite sa mise en place sur la culasse (5) lors de la mise en production.

10

La présente invention permet de minimiser le volume d'aimant (8) ou d'augmenter la variation d'induction  $\Delta B$ , donc le rapport signal/bruit. L'invention permet également d'augmenter la linéarité du capteur.

15

A cet effet, l'invention concerne un capteur magnétique de position comportant une structure statorique, possédant au moins un entrefer, dans lequel est placée au moins une sonde magnéto-sensible (10), et une partie mobile (2) comportant au moins une culasse (5) ferromagnétique, caractérisé en ce que la partie mobile (2) comporte au moins

20 un aimant (8) permanent, aimanté dans la direction de l'entrefer séparant le stator de la partie mobile (2), partiellement encastré dans une cavité prévue dans la culasse (5) mobile ferromagnétique.

25

La profondeur  $e$  de la cavité réalisée dans la culasse (5) mobile est choisie de façon judicieuse afin d'augmenter par rapport au cas sans cavité ( $e=0$ ), avec un aimant (8) identique et le même encombrement extérieur,

30



WO 00/52425

14

PCT/FR00/00312

l'induction magnétique fournie par le circuit magnétique à la sonde magnéto-sensible (10), et/ou afin d'améliorer la linéarité du capteur le long de la course.

Contrairement à certaines structures de l'art antérieur qui utilisent un volume d'aimant, en forme de bague ou de disque, réparti sur  $360^\circ$ , quelle que soit la longueur de la course à mesurer, le capteur selon l'invention présente un ou des aimants avec des dimensions directement adaptées à la plage de mesure souhaitée. Cela permet de réduire de façon très appréciable le volume d'aimant (8) et par conséquent le coût du capteur, particulièrement dans le cas des capteurs destinés à la mesure de faibles courses.

L'encastrement de l'aimant (8) permanent modifie la distribution et l'importance des flux de fuites, il permet alors d'intervenir sur la linéarité du capteur. On peut montrer que la linéarité varie en fonction de la profondeur de la cavité (6) dans laquelle est partiellement encastré l'aimant (8) permanent. La figure 3 montre l'évolution de l'erreur de linéarité (= non-linéarité) d'un capteur, obtenue le long de la course, en fonction de la profondeur de la cavité (6) e.

En traçant l'erreur de linéarité en fonction de la position, et en fonction de la profondeur de la cavité (6), on constate qu'il apparaît un changement de signe lorsque la profondeur varie entre 0 et L, où L est l'épaisseur de l'aimant (8) dans la direction de l'aimantation. Il existe donc un optimum pour lequel l'erreur de linéarité de la caractéristique induction / position devient sensiblement nulle.

Dans l'exemple de la figure 3, avec une cavité (6) de profondeur  $e=0,6L$ , nous obtenons une nette

WO 00/52425

15

PCT/FR00/00312

amélioration de la linéarité (non-linéarité plus faible) par rapport au cas sans cavité (6) ( $e=0$ ).

Les cas particuliers, sans encastrement ( $e=0$ ) ou avec encastrement total de l'aimant (8) ( $e=L$ ), ne correspondent très généralement pas à un optimum de linéarité.

L'invention permet alors de réaliser un circuit magnétique fournissant à la sonde magnéto-sensible (10) une induction d'une très grande linéarité par rapport la position à mesurée.

L'induction fournie par le circuit magnétique dans la sonde magnéto-sensible (10) augmente strictement avec la hauteur  $e$  de l'encastrement. Pour augmenter la variation d'induction le long de la course, il faut alors réaliser une cavité (6) de profondeur aussi grande que possible, jusqu'à ce que l'on atteigne la limite de non-linéarité jugée satisfaisante pour l'application donnée.

La technique proposée par l'invention permet d'augmenter de manière appréciable, par rapport au cas sans encastrement ( $e = 0$ ), sans pièce supplémentaire, sans modification de l'encombrement extérieur, et quasiment sans surcoût (très légèrement plus de fer), la variation d'induction  $\Delta B$ , avec de plus, dans le cas d'un encastrement judicieusement choisi, une amélioration de la linéarité.

Avec un encastrant de l'aimant (8) permanent, nous pouvons conserver la même variation d'induction  $\Delta B$  que sans encastrement ( $e=0$ ) en réduisant le volume d'aimant ou en utilisant un aimant de moins bonne qualité, donc en réduisant le coût du capteur, tout en conservant le même encombrement extérieur.

Dans certaines applications où une très grande linéarité est souhaitée, nous privilégierons la recherche de

WO 00/52425

16

PCT/FR00/00312

l'encastrement optimum. Par contre, dans les applications où l'on peut tolérer des erreurs de mesures sensiblement plus importantes, nous utiliserons un encastrement relativement important, de préférence compris entre  $0.4L$  et  $0.9L$ , afin de privilégier l'augmentation de la variation d'induction  $\Delta B$  ou la réduction du coût de l'aimant (8) (réduction du volume et/ou utilisation d'un aimant (8) de moins bonne qualité).

Le principe de l'invention consiste alors à optimiser la hauteur de l'encastrement, avec  $0.1L < e < 0.9L$ , afin d'apporter le meilleur compromis entre la linéarité et le volume d'aimant (8) nécessaire, pour remplir un cahier des charges donné, et réaliser ainsi un capteur de moindre coût.

L'encastrement de l'aimant (8) dans la culasse (5) permet de réduire la sensibilité du capteur à la qualité du collage de l'aimant (8) et facilite sa mise en place sur la culasse (5) lors de la mise en production. De plus, il n'est pas nécessaire d'introduire une pièce de guidage pour l'aimant (8), puisqu'il est directement fixé sur la culasse (5) mobile. La réalisation et la production d'un tel capteur est alors relativement simple et économique.

L'invention peut être appliquée à des capteurs de position linéaire et angulaire. Le principe est facilement transposable par l'Homme de métier à de nombreuses architectures de capteurs magnétiques, les exemples présentés dans cette demande de brevet ne sont pas exhaustifs.

La figure 2 présente un capteur magnétique de position angulaire sans contact, selon l'invention, dont le principe est basé sur le déplacement relatif d'un aimant (8) permanent par rapport à une sonde magnéto-sensible (10). Ce capteur comporte une structure statorique composée de deux pièces ferromagnétiques de forme semi-annulaire séparées par un entrefer de longueur  $F$  constante, dans lequel est placée

WO 00/52425

17

PCT/FR00/00312

une sonde magnéto-sensible (10). La partie mobile (2) comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme semi-annulaire dans lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent semi-annulaire aimanté radialement.

5 La profondeur de la cavité (6) est choisie de manière à optimiser les caractéristiques du capteur pour l'application donnée.

La figure 4 présente une variante de réalisation. La partie mobile (2) comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme annulaire dans lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent semi-annulaire aimanté radialement. La profondeur de la cavité (6) est choisie de manière à optimiser les caractéristiques du capteur pour l'application donnée.

10

La figure 5 présente un capteur magnétique de position angulaire selon l'invention. Ce capteur comporte une structure statorique (3, 4) composée de deux pièces ferromagnétiques de forme semi-annulaire séparées par un entrefer de longueur F constante, dans lequel est placée une sonde magnéto-sensible (10). La partie mobile (2) comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme semi-annulaire dans lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent semi-annulaire, aimanté axialement, parallèlement à l'axe de rotation. La profondeur de la cavité (6) est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur.

15

20

25

Les dimensions préférées (largeur angulaire de l'aimant (8), largeur des pôles statoriques, etc.) permettant d'optimiser la géométrie du capteur peuvent être déduites sans difficulté de la variante décrite précédemment (figure 1 et 2).

30

WO 00/52425

18

PCT/FR00/00312

La figure 6 présente un capteur magnétique de position angulaire selon l'invention. Il comporte une structure statorique composée de deux pièces ferromagnétiques, en forme de portion de cylindre, séparées par un entrefer de longueur constante F, dans lequel est placée une sonde magnéto-sensible (10). La partie mobile (2), située à l'extérieur, comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme semi-annulaire dans lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent semi-annulaire, aimanté radialement.

La figure 7 présente une variante de réalisation du capteur de la figure 6, avec des pièces statoriques, en forme de portion d'anneau, guidant le flux magnétique dans la sonde.

Sur la base des structures précédentes, il est possible de réaliser des capteurs à plusieurs sondes magnéto-sensibles (10), associé à un ou plusieurs aimants permanents partiellement encastrés, afin de réaliser une redondance et ainsi d'améliorer la fiabilité et la qualité du capteur.

La figure 8 présente une variante qui intègre deux capteurs élémentaires rotatifs selon l'invention présentée à la figure 4. Ce capteur comporte deux sondes de Hall (10, 20), placées chacune entre deux parties ferromagnétiques statoriques (3, 4) et (23, 24). Le rotor comporte deux aimants (8, 28) de forme semi-annulaire, aimantés radialement, partiellement encastrés dans la culasse (5) rotorique ferromagnétique.

La figure 9 présente une variante qui intègre deux capteurs élémentaires rotatifs selon l'invention présentée à la figure 5. Ce capteur comporte deux sondes de Hall (10, 20) placées chacune entre deux parties ferromagnétiques statoriques (3, 4) et (23, 24). Le rotor

WO 00/52425

19

PCT/FR00/00312

comporte deux aimants (8, 28) de forme semi-annulaire aimantés axialement, dans la direction de l'axe de rotation, et partiellement encastrés dans une culasse (5) rotorique.

Dans le but de réaliser une protection contre les champs magnétiques parasites extérieurs qui pourraient perturber l'induction magnétique fournie à la sonde, il est possible dans certains cas de réaliser une culasse (5) rotorique extérieure fermée.

La figure 10 présente une variante avec une culasse (35) rotorique annulaire ferromagnétique. Cette culasse (35) joue le rôle d'écran contre les champs magnétiques extérieurs. La variante proposée utilise un aimant (8) de forme semi-annulaire, aimanté radialement, partiellement encastré dans la culasse (35) rotorique.

La figure 11 présente une variante du capteur présenté à la figure 10 avec deux aimants permanents (8, 28) de forme semi-annulaire, aimantés radialement, partiellement encastrés dans la culasse (35) rotorique ferromagnétique et diamétralement opposés.

L'invention peut être appliquée, de manière analogue, à des capteurs de position linéaire.

La figure 12 présente un capteur magnétique de position linéaire sans contact, selon l'invention, dont le principe est basé sur le déplacement relatif d'un aimant (8) permanent par rapport à une sonde magnéto-sensible (10). La structure de ce capteur peut être directement obtenue en « déroulant » le capteur de la figure 2. Le stator comporte une structure composée de deux pièces ferromagnétiques de forme parallélépipédique séparées par un entrefer secondaire de longueur constante, dans lequel est placée une sonde magnéto-sensible (10). La partie mobile (2) comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme parallélépipédique dans

WO 00/52425

20

PCT/FR00/00312

lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent parallélépipédique. L'aimant (8) est polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les pièces statoriques (3, 4) de la partie mobile (2). La profondeur de la cavité (6) est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur.

Les dimensions préférées (largeur de l'aimant (8), largeur des pôles statoriques, etc.) permettant d'optimiser la géométrie du capteur peuvent être déduites sans difficulté du cas rotatif décrit précédemment.

La figure 13 présente une vue en coupe d'une variante de réalisation d'un capteur de position linéaire. Le stator comporte une structure statorique composée de deux pièces ferromagnétiques de forme tubulaire séparées par un entrefer de longueur constante, dans lequel est placée une sonde magnéto-sensible (10). La partie mobile (2) comporte une culasse (5) ferromagnétique de forme cylindrique dans lequel est prévue une cavité (6) pour recevoir un aimant (8) permanent semi-annulaire, aimanté radialement.

La figure 14 présente une variante du capteur, selon l'invention décrite à la figure 12, avec deux aimants permanents (8, 88) de forme parallélépipédique, partiellement encastrés dans la culasse (5) ferromagnétique mobile. Le stator présente deux entrefers (80, 81) permettant de loger chacun une sonde de Hall (82, 83).

Dans chacune des réalisations proposées, il est possible d'échanger la réalisation de la partie fixe et celle de la partie mobile.

Le principe de l'invention est également applicable à des capteurs magnétiques de position sans contact bidimensionnel, c'est à dire à deux degrés de liberté.

WO 00/52425

21

PCT/FR00/00312

Les figures 15 et 16 présentent respectivement une vue éclatée et une vue d'ensemble d'un capteur magnétique de position à deux degrés de liberté selon l'invention. La structure statorique est composée de quatre pièces ferromagnétiques parallélépipédiques (101, 102, 103, 104) définissant deux paires d'entrefers secondaires se croisant en un point médian (100). Chaque entrefer secondaire (105, 106) est muni d'une sonde magnéto-sensible (107, 108, 200, 201).

La partie mobile (110) peut se déplacer dans deux directions OX et OY. Elle est composée d'une culasse ferromagnétique (111) dans laquelle est partiellement encastré un aimant permanent (109). L'aimant (109) est polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les pièces statoriques de la culasse mobile, c'est à dire perpendiculairement aux degrés de liberté OX et OY.

Les sondes magnéto-sensibles (107, 108, 200, 201) délivrent des signaux que l'on peut combiner afin d'obtenir deux signaux indépendants, respectivement linéaires par rapport à un déplacement selon OX et selon OY. La profondeur de la cavité réalisée dans la culasse mobile est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur, en intervenant sur la linéarité des signaux et sur la variation d'induction  $\Delta B$  dans chacune des sondes (107, 108, 200, 201), de la même manière que dans les cas à un seul degré de liberté. Le principe de l'invention consiste à optimiser la hauteur de l'encastrement, afin d'apporter le meilleur compromis entre la linéarité et le volume d'aimant nécessaire, pour remplir un cahier des charges donné, et réaliser ainsi un capteur à deux degrés de liberté de moindre coût.



WO 00/52425

22

PCT/FR00/00312

Il est possible de réaliser un capteur avec un aimant mobile à l'intérieur d'un entrefer, défini par des parties statoriques ferromagnétiques, et d'encasturer cet aimant ou de le juxtaposer à une ou plusieurs pièces ferromagnétiques mobiles. L'épaisseur  $e$  des pièces ferromagnétiques mobiles, dans la direction de l'aimantation, est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur, avec  $0.1 < e < 0.9L$ , comme décrit précédemment.

Cette approche peut être appliquée à chacune des structures décrites précédemment.

Ce type de réalisation permet de réduire fortement les efforts d'attraction entre la partie mobile aimantée et les parties ferromagnétiques statoriques. Ces efforts sont perpendiculaires au déplacement  $OX$  et deviennent relativement faibles lorsque les parties mobiles sont bien centrées dans l'entrefer. Les pièces ferromagnétiques mobiles rajoutées peuvent aussi servir pour le guidage du ou les aimants.

La figure 17 présente une variante d'un capteur de position linéaire. L'aimant permanent (109) se déplace à l'intérieur d'un entrefer (112) défini par deux parties statoriques fixes (113, 114), à l'intérieur duquel est réalisé un entrefer (115) pour loger une sonde magnétosensible. L'aimant permanent (109) est partiellement encasturé dans une pièce ferromagnétique mobile (116), d'épaisseur dans la direction de l'aimantation comprise entre  $0.1L < e < 0.9L$ . La pièce ferromagnétique mobile (116) sert de guidage et son épaisseur est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur. La pièce ferromagnétique mobile (116) présente, ici, un trou pour recevoir l'aimant permanent. Il est possible de réaliser une ou plusieurs

WO 00/52425

23

PCT/FR00/00312

cavités dans la pièce ferromagnétique mobile, sans la trouer, pour y loger un ou plusieurs aimants permanents.

La figure 18 présente une variante du capteur de position linéaire de la figure 17, utilisant deux sondes magnéto-sensibles, dans le but de réduire la sensibilité du capteur à un champ extérieur parasite.

Ce capteur présente quatre pièces ferromagnétiques statoriques (120 à 123) définissant deux entrefers secondaires à l'intérieur desquels sont placées deux sondes magnéto-sensibles (125, 126). Deux pièces ferromagnétiques sont juxtaposées à l'aimant mobile (128, 129). L'épaisseur des pièces ferromagnétiques mobiles (128, 129) est déterminée de manière à optimiser les caractéristiques du capteur.

Lorsque le capteur est perturbé par un champ magnétique extérieur sensiblement homogène, la perturbation mesurée par les deux sondes et sensiblement identique. Une soustraction des signaux délivrés par les deux sondes permet alors de recréer un signal utile quasiment insensible au champ magnétique extérieur perturbateur. Cette structure présente alors une relativement grande insensibilité à tout champ extérieur.

WO 00/52425

24

PCT/FR00/00312

## REVENDECATIONS

1 - Capteur magnétique de position, comportant un  
5 stator et au moins une partie mobile (2) selon au moins une direction OX, avec une course utile  $X_c$ ,

[ $X_c$  représente, dans le cas d'un capteur rotatif, la largeur de l'arc angulaire parcourue par la partie mobile (2) sur le rayon moyen d'une partie aimantée et, dans le cas  
10 d'un capteur linéaire, la course de la partie mobile (2) dans une direction contenue dans le plan médian de l'entrefer principal],

le stator étant composé d'au moins deux pièces (3, 4) en matériau magnétique doux définissant au moins un  
15 entrefer secondaire (9) dans lequel est logée au moins une sonde magnéto-sensible (10) pour mesurer la variation d'induction dans cet entrefer secondaire (9), chaque partie statorique (3, 4) présentant une longueur  $X_s$  dans la direction OX au moins égale à  $X_c$ ,

20 [ $X_s$  étant mesurée sur le rayon moyen d'un aimant dans le cas d'un capteur rotatif, ou mesurée dans une direction contenue dans le plan médian de l'entrefer principal, dans le cas d'un capteur linéaire]

chaque partie statorique (3, 4) étant alignée,  
25 pour un capteur linéaire soit dans une même surface plane parallèle à OX soit dans une même surface cylindrique d'axe OX, et dans une même surface cylindrique d'axe correspondant à l'axe de rotation de la partie mobile (2) pour un capteur rotatif, le capteur comportant en outre au moins une partie  
30 mobile (2) munie d'au moins une pièce (5), en matériau magnétique doux et d'au moins un aimant (8) lié à cette pièce (5), la ou les pièces mobiles magnétiques se déplaçant

WO 00/52425

25

PCT/FR00/00312

parallèlement aux pièces statoriques (3, 4) ferromagnétiques à une distance minimale constante, le ou les aimants (8, 28) ayant leurs pôles parallèles aux pièces ferromagnétiques du stator,

5 caractérisé en ce que,

le ou les aimants d'une partie mobile (2) sont prolongés sur au moins un bord par une pièce ferromagnétique mobile d'épaisseur  $e$ , dans la direction de l'aimantation d'un aimant, telle que  $0.1L < e < 0.9L$ ,

10 le ou les aimants (8, 28) se déplaçant parallèlement aux pièces ferromagnétiques statoriques à une distance minimale constante et présentant une aimantation perpendiculaire à  $OX$  et une longueur dans la direction du déplacement  $OX$  au moins égale à  $X_c$ .

15 [ $X_c$  étant mesurée sur le rayon moyen de l'aimant (8) dans le cas d'un aimant (8) de forme semi-annulaire ou la longueur dans le cas d'un aimant rectiligne].

2 - Capteur magnétique de position selon la  
20 revendication 1 caractérisé en ce que le ou les aimants (8, 28) sont partiellement encastrés dans une cavité (6) d'une culasse ferromagnétique (5) mobile, du côté du stator, à une profondeur  $e$  telle que  $0.1L < e < 0.9L$ ,  $L$  étant l'épaisseur de l'aimant dans la direction de l'aimantation.

25

3 - Capteur magnétique de position selon la  
revendication 1 caractérisé en ce que le ou les aimants (8, 28) sont juxtaposés à au moins une pièce ferromagnétique mobile d'épaisseur  $e$ , dans la direction de l'aimantation d'un  
30 aimant, telle que  $0.1L < e < 0.9L$ , le ou les aimants présentant une longueur dans la direction du déplacement  $OX$  au moins égale à  $X_c$ .

WO 00/52425

26

PCT/FR00/00312

4 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'organe mobile présente un aimant (8) partiellement encastré dans une cavité (6) située sensiblement au milieu de la culasse (5) ferromagnétique mobile, la cavité (6) et l'aimant (8) ayant une longueur dans la direction OX au moins égale à  $X_c$ , et de préférence égale  $X_c + F + 2E'$ , dans le cas d'un aimant (8) de forme semi-annulaire cette longueur est mesurée sur le rayon moyen de l'aimant (8), F est la longueur de l'entrefer selon la direction OX dans lequel est placée la sonde, E' est compris entre  $e/4$  et E, ou E est la distance mesurée perpendiculairement à OX entre les pièces statoriques (3, 4) ferromagnétiques et le fond de la cavité (6).

15

5 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'organe mobile présente une culasse (5) ferromagnétique de longueur mesurée suivant OX au moins égale à  $3X_c + F + 6E'$ .

20

6 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que les pièces ferromagnétiques statoriques présentent une longueur  $X_s$  mesurée suivant OX sensiblement égale à  $X_c + 2E'$ , dans le cas d'un capteur rotatif la longueur est mesurée sur le rayon moyen d'un aimant (8).

25

7 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la profondeur e d'une cavité (6) de la culasse (5) ferromagnétique mobile est déterminée de manière à réaliser

30

WO 00/52425

27

PCT/FR00/00312

un capteur de linéarité maximale, avec de préférence  $0.3L < e < 0.8L$ .

8 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la cavité dans une culasse ferromagnétique mobile est réalisée de manière à obtenir un rapport  $e/L$  aussi grand que possible, avec de préférence  $0.5L < e < 0.9L$ , en conservant une faible erreur de linéarité, de préférence inférieure à 3%.

10

9 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'épaisseur  $e$ , mesurée suivant la direction de l'aimantation d'un aimant, d'une pièce ferromagnétique mobile juxtaposée à un aimant permanent est déterminée de manière à réaliser un capteur de linéarité maximale, avec de préférence  $0.3L < e < 0.8L$ .

15

10 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que l'épaisseur  $e$ , mesurée suivant la direction de l'aimantation d'un aimant, d'une pièce ferromagnétique mobile juxtaposée à un aimant permanent est réalisée de manière à obtenir un rapport  $e/L$  aussi grand que possible, avec de préférence  $0.5L < e < 0.9L$ , en conservant une faible erreur de linéarité, de préférence inférieure à 3%.

20

25

11 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le rapport  $L/E$  est supérieur à 0.5 et de préférence supérieur ou égal à 0.75, où  $E$  est la distance mesurée perpendiculairement.

30

WO 00/52425

28

PCT/FR00/00312

à OX entre les pièces statoriques (3, 4) ferromagnétiques et le fond de la cavité (6).

12 - Capteur magnétique de position selon l'une  
5 au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le rapport  $X_s/E$  est supérieur à 5, et de préférence supérieur ou égal à 8.

13 - Capteur magnétique de position selon l'une  
10 au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, les pièces ferromagnétiques statoriques (3, 4), le ou les aimants et la ou les pièces ferromagnétiques mobiles (5) ont la même longueur  $Z$  mesurée suivant l'axe perpendiculaire à la direction de l'aimantation et à la direction déplacement OX,  
15 et de préférence supérieure ou égale à  $3E$ .

14 - Capteur magnétique de position selon les revendications précédentes caractérisé en ce que les parties respectivement fixes et mobiles sont échangées en partie  
20 respectivement mobiles et fixes.

15 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, la structure statorique est composée de quatre pièces  
25 ferromagnétiques parallélépipédiques (101, 102, 103, 104) définissant deux paires d'entrefer secondaires se croisant en un point médian (100). Chaque entrefer secondaire (105, 106) étant muni d'une sonde magnéto-sensible (107, 108, 200, 201).

30

16 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, la

WO 00/52425

29

PCT/FR00/00312

partie mobile (110) peut se déplacer dans deux directions OX et OY et est composée d'une culasse ferromagnétique (111) dans laquelle est partiellement encastré un aimant permanent (109) polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les pièces statoriques de la culasse mobile.

17 - Capteur magnétique de position selon l'une au moins des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que, la partie mobile peut se déplacer dans deux directions OX et OY et est composée d'un aimant permanent polarisé dans la direction de l'entrefer principal, séparant les pièces statoriques de la culasse mobile, juxtaposé à au moins une pièce ferromagnétique mobile.

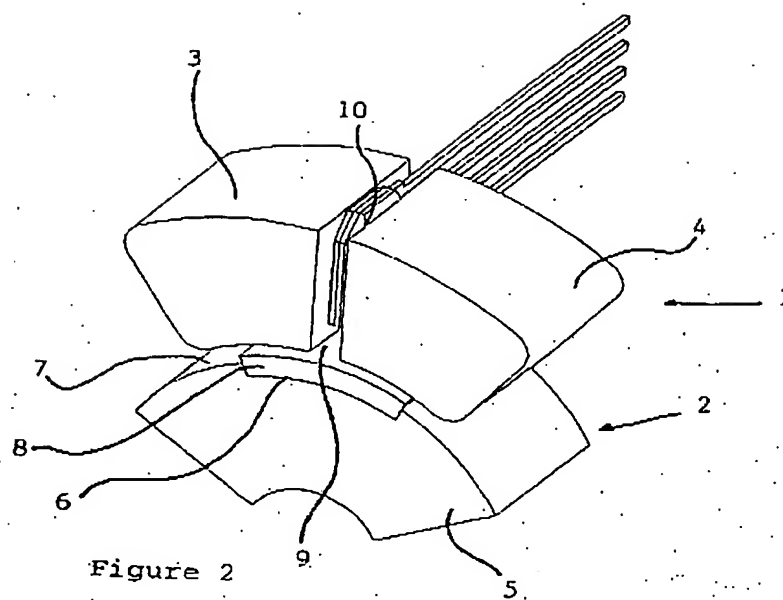




WO 00/52425

PCT/FR00/00312

2/10



WO 00/52425

PCT/FR00/00312

3/10

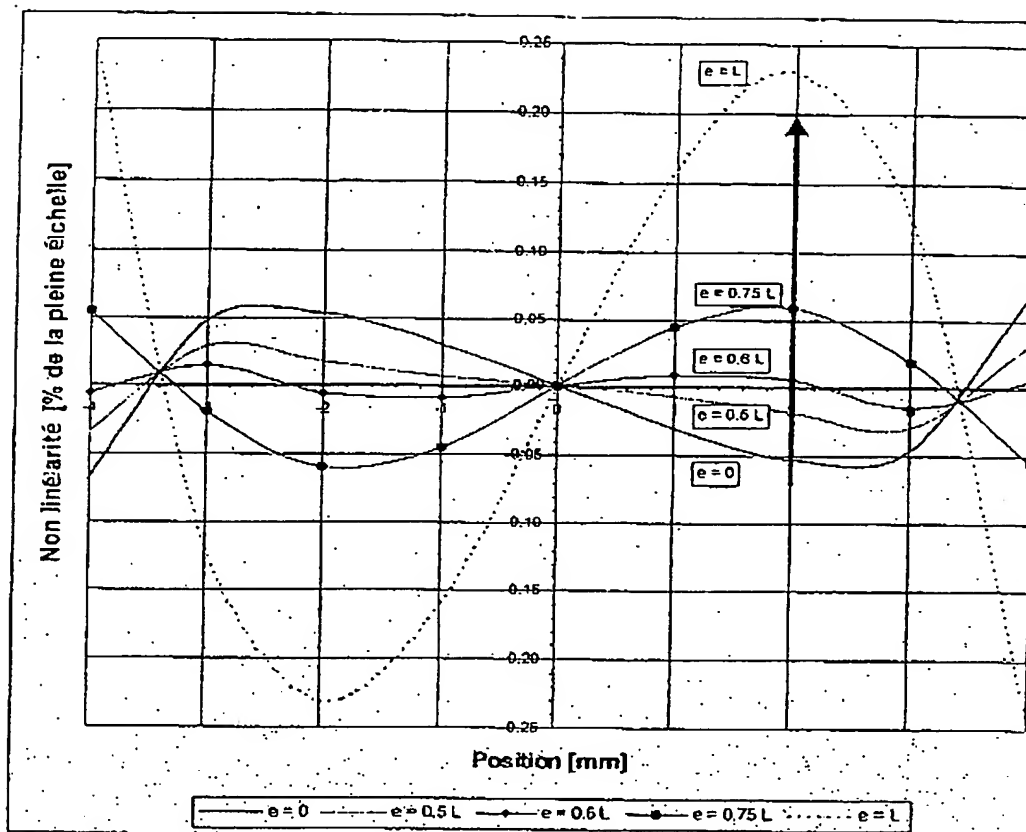


Figure 3

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

4/10

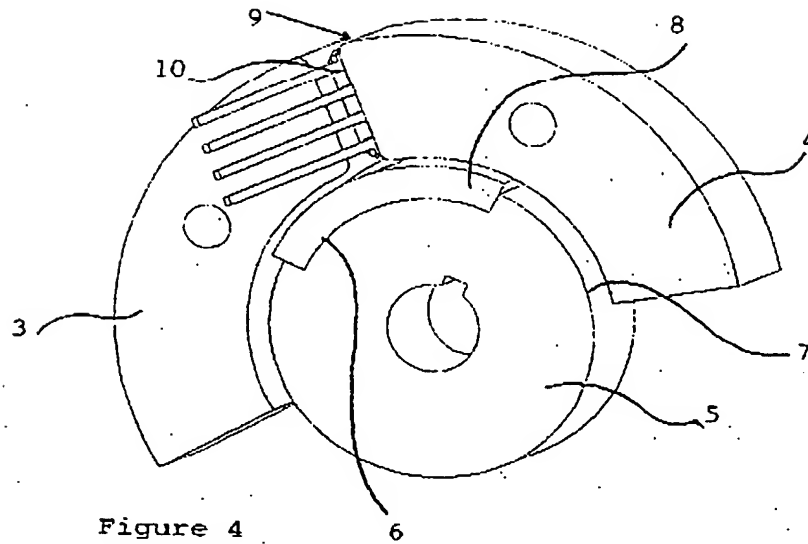


Figure 4

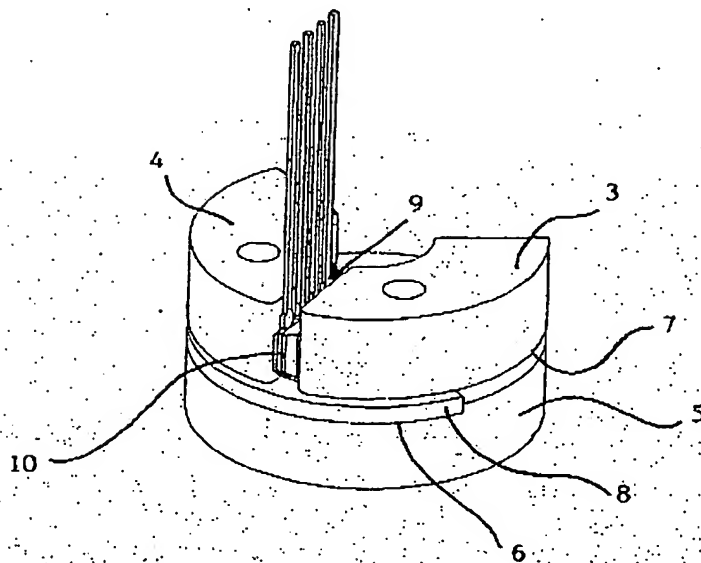


Figure 5

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

5/10

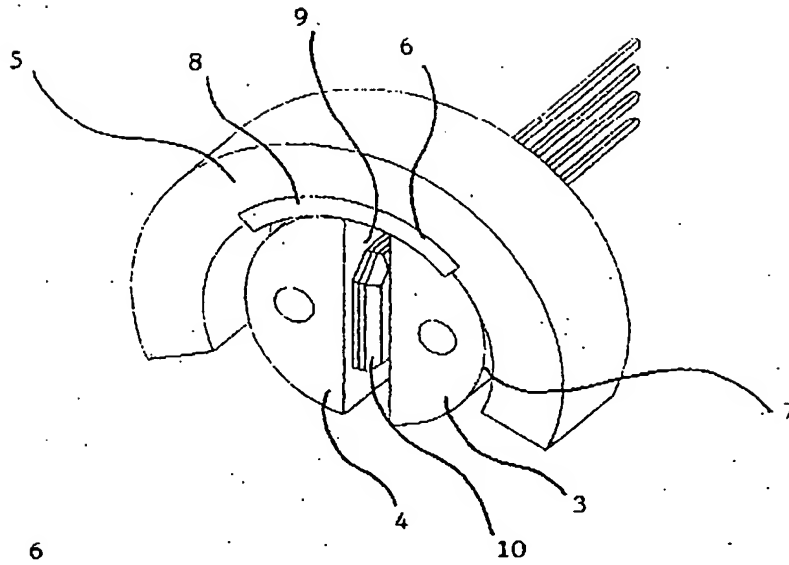


Figure 6

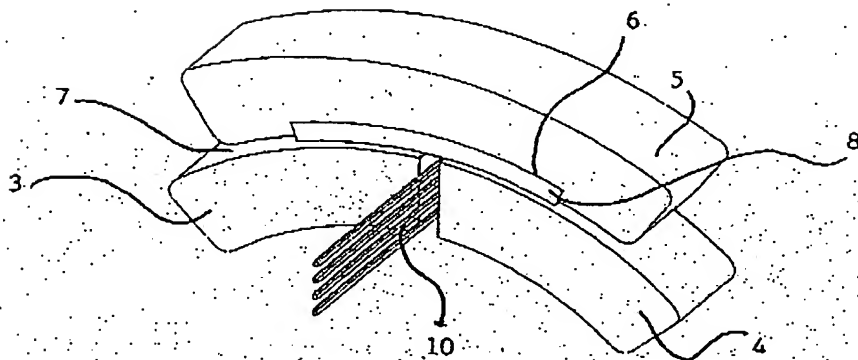


Figure 7

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

6/10

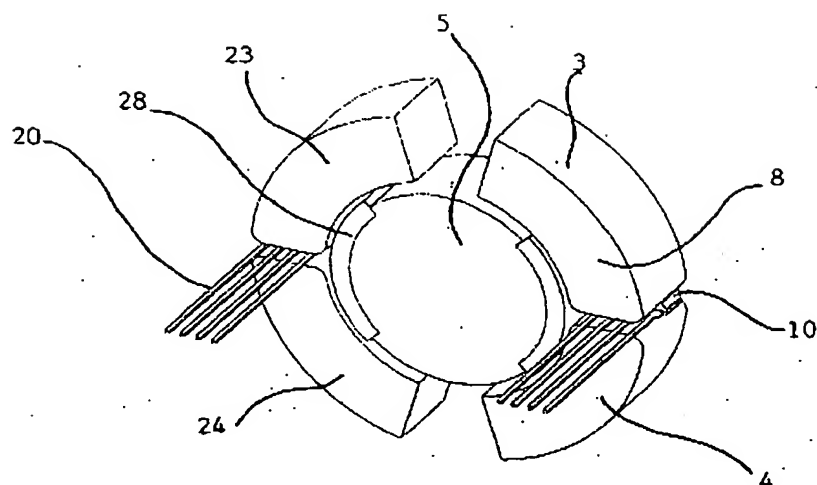


Figure 8

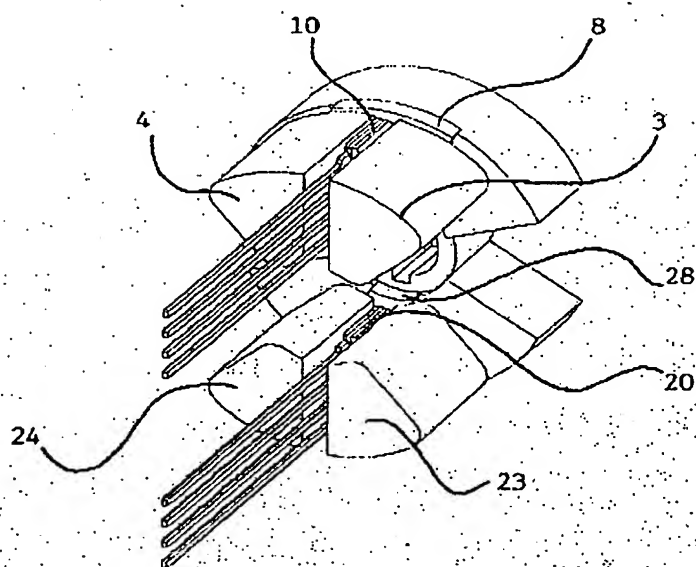


Figure 9

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

7/10

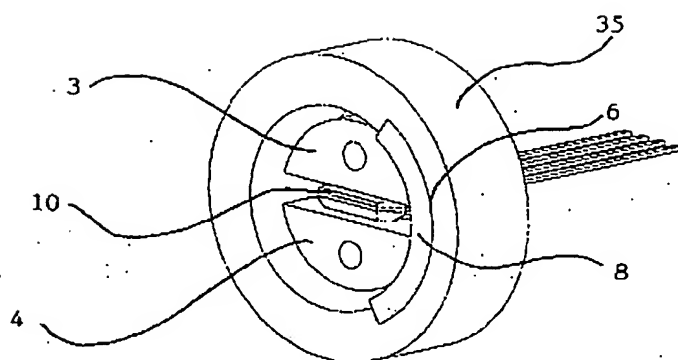


Figure 10

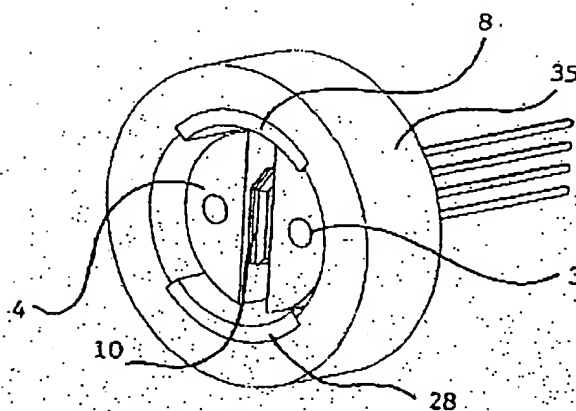


Figure 11

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

8/10

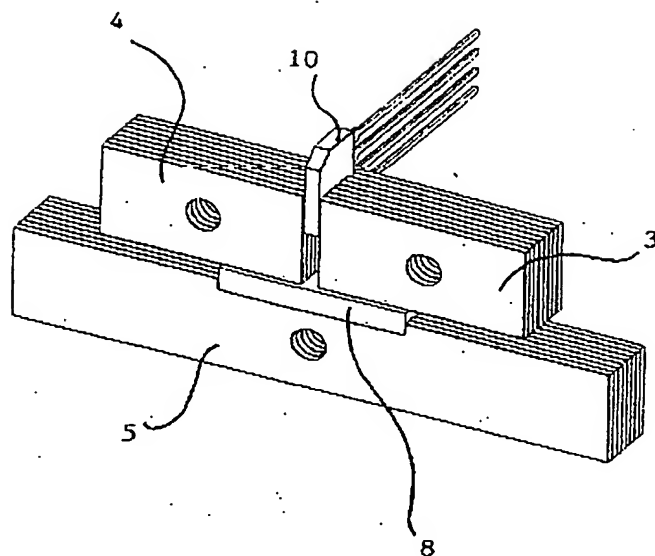


Figure 12

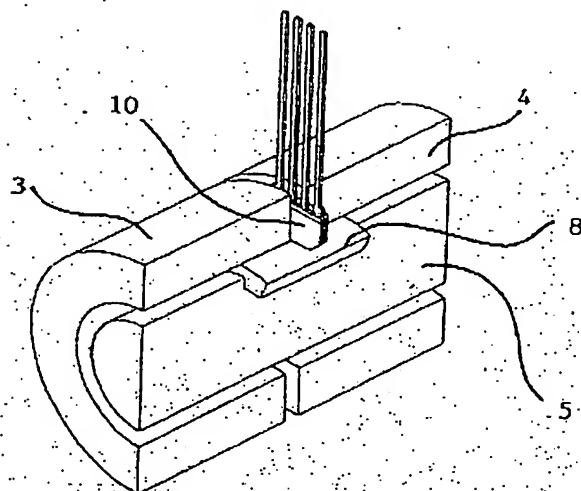


Figure 13



WO 00/52425

PCT/FR00/00312

9/10

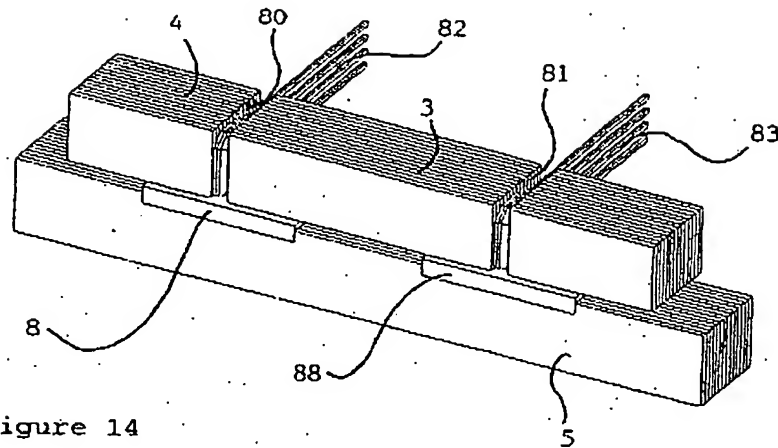


Figure 14

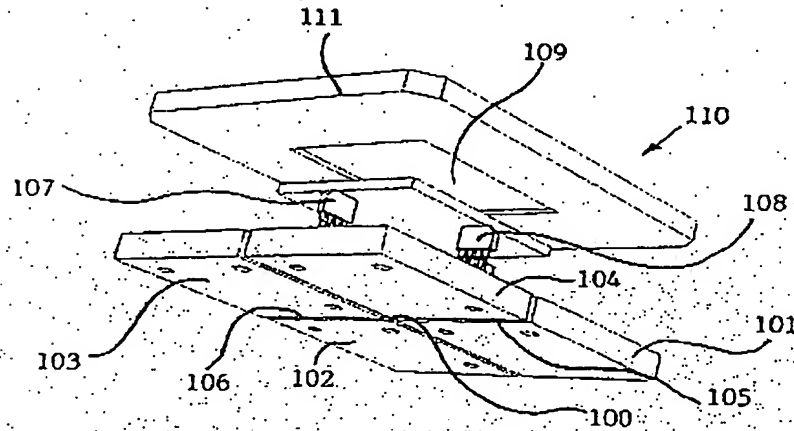


Figure 15

WO 00/52425

PCT/FR00/00312

10/10

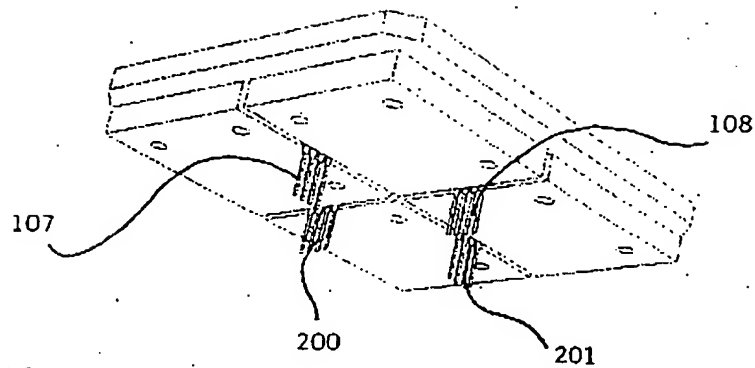


Figure 16

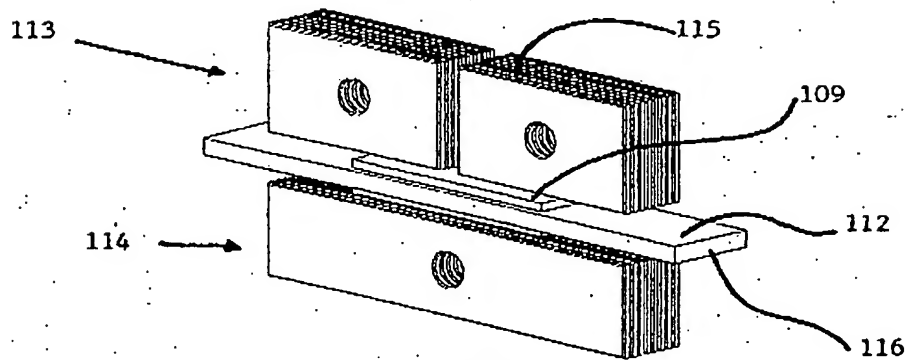


Figure 17

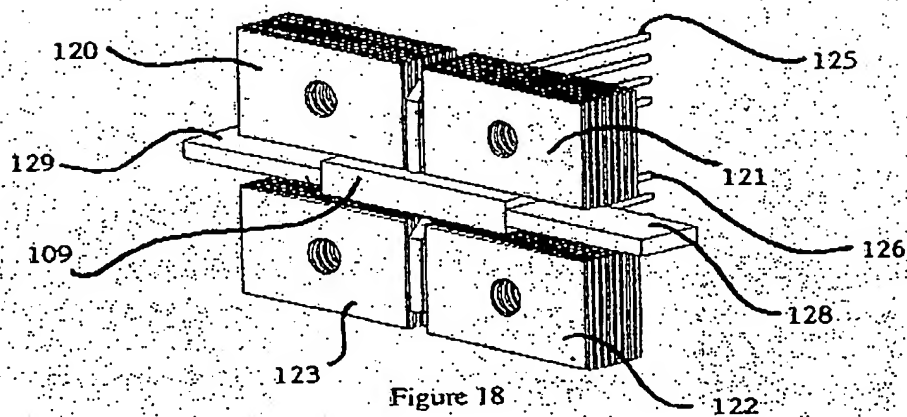


Figure 18

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. <b>PCT/FR 00/00312</b>		
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G01D5/14 G01D5/16 G01B7/30		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01D G01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data bases consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 98 55828 A (MMT S A ;GANDEL PIERRE (FR); OUDET CLAUDE (FR); PRUDHAMM DANIEL (F) 10 December 1998 (1998-12-10) the whole document	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 233 (P-724), 5 July 1988 (1988-07-05) & JP 63 026532 A (HONDA MOTOR CO LTD; OTHERS: 01), 4 February 1988 (1988-02-04) abstract.	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>10 April 2000</b>		Date of mailing of the international search report <b>18/04/2000</b>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentplan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <b>Lut, K</b>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/00312

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9855828 A	10-12-1998	FR 2764372 A EP 0986731 A	11-12-1998 22-03-2000
JP 63026532 A	04-02-1988	NONE	

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 7 G01D5/14 G01D5/16 G01B7/30		Demande internationale No PCT/FR 00/00312
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 G01D G01B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 98 55828 A (MMT S A ;GANDEL PIERRE (FR); OUDET CLAUDE (FR); PRUDHAMM DANIEL (F) 10 décembre 1998 (1998-12-10) le document en entier	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 233 (P-724), 5 juillet 1988 (1988-07-05) & JP 63 026532 A (HONDA MOTOR CO LTD;OTHERS: 01), 4 février 1988 (1988-02-04) abrége	1
<input type="checkbox"/> Voir le reste du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 10 avril 2000		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 18/04/2000
Nom et adresse postale de l'Administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentstr. 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 apo nl, Fax (+31-70) 340-3018		Fonctionnaire autorisé Lut, K

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No  
**PCT/FR 00/00312**

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9855828 A	10-12-1998	FR 2764372 A EP 0986731 A	11-12-1998 22-03-2000
JP 63026532 A	04-02-1988	AUCUN	